

Лекция 10. Жизнь и разум во Вселенной

Существует много определений понятия «жизнь» – столь же сложного, многогранного и неоднозначного, как понятия «Вселенная», «материя» и «разум», предельно широкого, отражающего самые общие черты действительности – категории, определяемой через описание основных характеристик и свойств.

Определение из энциклопедического словаря весьма уязвимо: «Живыми называются системы, которые способны самостоятельно поддерживать и увеличивать свою очень высокую степень упорядоченности в среде с меньшей степенью упорядоченности» – по нему живыми являются все самоорганизующиеся и саморегулирующиеся системы – звезды, галактики и сама Метагалактика, коацерватные капли и многие сложные органические соединения, самопроектирующиеся и самосборные кибернетические устройства и т. д.. Предложение академика С.Ф. Лихачева рассматривать жизнь как некоторое неопределимое свойство Вселенной ничего не дает в плане практического использования понятия.

Не потеряло своей актуальности уточненное в XX в. определение Ф. Энгельса: «**Жизнь** – это способ существования белковых тел и нуклеиновых кислот» – вне живых организмов белки в природе не встречаются, хотя сложные органические соединения обнаружены в 80-х годах в составе ГМО.

По определению академика А.А. Ляпунова: «**Жизнь** – высокоустойчивое состояние вещества, использующее для выработки сохраняющих реакций информацию, кодируемую состояниями отдельных молекул». Его уточнил профессор И.С. Шкловский: «Живое вещество – сложный молекулярный агрегат, в котором имеется «управляющая система», включающая в себя механизм передачи наследственной информации, обеспечивающей сохраняющие реакции следующим поколениям». Близкое определение жизни дал В.С. Троицкий.

Наилучшим следует признать определение Н.В. Волькенштейн: «**Живые тела**, существующие на Земле, представляют собой открытые, самоорганизующиеся и самовоспроизводящие системы, построенные из биополимеров – белков и нуклеиновых кислот».

«**Разум** есть способность материи познавать саму себя – фундаментальные законы природы и различные сущности» или, по-другому, «**Разум** – это способность живой материи к обмену

информацией с внешней средой, кодируемой понятиями» (В.С. Троицкий). Клетки коры головного мозга (нервные клетки) имеют наивысшую на Земле сложность организации. Носителем разума во Вселенной может быть только живая и высокоорганизованная материя.

Возникновение и развитие жизни и разума на Земле подготовлено всем ходом эволюции неживой материи Метагалактики. Закономерность и неизбежность возникновения и развития жизни и разума обусловлена одним из важнейших свойств Метагалактики – «антропным принципом» (см. главу «Вселенная»).

Вышесказанное определяет условия, необходимые и достаточные для проявления и развития жизни, возможное время ее возникновения в Метагалактике и на Земле, основные темпы и направления эволюции живых организмов.

В раннюю эпоху существования Метагалактики вплоть до образования галактик, жизнь не могла существовать из-за абсолютно неподходящих внешних условий. Не могла она возникнуть вблизи звезд I поколения, которые, скорее всего, не имеют планетных систем из-за 10–40-кратного дефицита тяжелых химических элементов.

Для образования космических тел с современным химическим составом и соотношением изотопов тяжелых элементов их синтез должен был произойти за 4–6 млрд лет до образования Солнечной системы, т. е. не позже 9–11 млрд лет назад. Образование тяжелых элементов было особенно интенсивным в период формирования основных галактических структур; в нашем районе Галактики период интенсивного звездообразования закончился к моменту образования Солнечной системы.

Химические условия возникновения и развития жизни определяются составом ее молекулярных основ. Нуклеиновые кислоты ДНК и РНК построены из нуклеотидов, состоящих в свою очередь из сахара, азотистых оснований и фосфата; белки состоят из аминокислот. Все химическое разнообразие жизни на Земле исчерпывается 28 веществами: 20 видов аминокислот, 5 оснований, 2 углеводов и 1 фосфата, элементарный химический состав которых состоит из водорода (37,5 %), углерода (29,8 %), кислорода (18,3 %), азота (11,3 %), фосфора (3,1 %). Водород – самый распространенный химический элемент, углерод, кислород и азот – самые распространенные из тяжелых химических элементов, способные образовывать огромное число сложных и относительно стабильных молекул (благодаря наличию

химически инертных соединений углерода). Кислород – активный окислитель, его соединение с водородом H_2O , вода – широко распространенный универсальный биологический химический растворитель, остающийся в жидком состоянии в широком диапазоне температур, обладающий высокой диэлектрической проницаемостью и теплоемкостью.

Химические условия существования жизни налагают ряд дополнительных требований к физическим характеристикам объектов, на которых они могли бы реализоваться.

Химический состав объекта должен допускать наличие гидросферы и атмосферы приемлемого состава, состоящей из газов, способствующих возникновению и развитию живых организмов и поддерживающих необходимый энергетический режим (температуры и энергетической освещенности) без резких (критических) колебаний вышеупомянутых условий и давления. Так, углекислый газ в современной атмосфере Земли не только основное сырье для фотосинтеза, но и важнейший инструмент для поддержания температуры атмосферы с оптимальной концентрацией 0,03–0,04 %.

Масса объекта должна обеспечивать силу тяжести, достаточную для удержания постоянной атмосферы достаточной плотности у поверхности космического тела без перехода атмосферных газов в другие агрегатные состояния.

Орбита космического тела должна лежать в пределах «зоны жизни» данной планетной системы, обеспечивающей достаточную энергетическую освещенность поверхности в приемлемом диапазоне длин волн и иметь малый эксцентриситет во избежание резких колебаний внешних условий на поверхности тела. Объект должен вращаться вокруг своей оси со скоростью, достаточной для установления атмосферной и гидросферной циркуляции и некоторого усреднения физических условий на поверхности.

Всем вышеперечисленным условиям отвечают планетные тела (планетоиды и планеты земной группы) массой от 0,1 до $10 M_{\oplus}$, входящие в состав планетных систем одиночных, медленно вращающихся, обладающих постоянством светимости звезд главной последовательности II и последующих поколений спектральных классов F5–K5.

Число планетных тел Галактики с благоприятными условиями для существования жизни определяется формулой: $N = N^* \cdot f_n \cdot p_e$, где N^* – общее число звезд Галактики (около $2 \cdot 10^9$);

f_n – доля звезд, имеющих планетные системы (все одиночные медленно вращающиеся

звезды, от 20 до 60 % звезд); p_e – доля звезд, вблизи которых могут быть благоприятные для жизни условия (для звезд классов F5–K5 около 0,01–0,02).

Если в каждой из вышеуказанных планетных систем «обитаема» лишь одна планета, то в настоящее время в Галактике может быть от 40 до 240 миллионов планет, на которых существует жизнь. Даже если по каким-либо причинам вероятность возникновения жизни в сотни и тысячи раз меньше, в Галактике сейчас должны быть сотни тысяч и миллионы населенных планетных тел.

Для Галактики это очень маленькая величина. Так, на расстоянии до 5 парсек (16,3 св. г.) от Солнца насчитывается 53 звезды, из которых лишь 3 – ϵ Эрида, τ Кита и ϵ Индейца – удовлетворяют вышеупомянутым условиям; однако у ϵ Эрида планетная система находится в стадии формирования.

В настоящее время в научных лабораториях подробно исследованы и воспроизведены первые этапы эволюции от «неживой» к «живой» материи:

1. Эволюция малых молекул (CH_4 , H_2O , NH_3 , CO и т.д.).
2. Образование полимеров.
3. Возникновение каталитических функций.

Ведутся исследования последующего этапа эволюции – самосборки молекул гиперциклов, возникновения биологических мономеров (аминокислот, азотистых оснований и т.д.) и биополимеров, накоплены определенные сведения по следующему этапу – возникновению мембран и доклеточной организации. К сожалению, весьма далеки от окончательного понимания два важнейших заключительных этапа превращения «неживого» в «живое» – возникновение механизма наследственности и возникновение клетки.

Огромный интерес представляет решение проблем:

- Почему все белковые соединения в составе живого вещества имеют левую симметрию?
- Однократно или многократно возникала жизнь на Земле, было ли ее возникновение глобальным или локальным явлением?

– Почему жизнь на Земле не возникает из неживого в настоящее время?

– Почему у всех живых существ на Земле белки строятся только из 20 аминокислот из более чем 100 известных науке?

- Может ли возникнуть жизнь в других условиях, на принципиально иной химической основе? Основой жизни в Метагалактике могут являться:

1) широко распространенные химические элементы IV-VI групп таблицы Менделеева (углерод, кремний, кислород, фтор, азот, фосфор, сера и т.д.), способные образовывать сложные молекулярные цепочки, выполняющие функции органических молекул;

2) химические соединения (вода H_2O , аммиак NH_3 , смесь воды с аммиаком, сероводород H_2S , синильная кислота HCN , фтористый водород HF и т.д.), обладающие свойством быть одновременно кислотой и основанием: они способны стать биологическими растворителями. Водородная связь определяет структуру белков, нуклеиновых кислот и других органических соединений и их возможных аналогов.

«Аммиачная» жизнь является второй по вероятности распространенности после земной, основанной на соединениях углерода и воде. Аммиак обладает достаточно высокими теплотой плавления, парообразования и теплоемкостью, остается жидким в диапазоне температур от $-77,7^{\circ}C$ до $-33,4^{\circ}C$ при нормальном давлении; при возрастании давления температура кипения увеличивается (до $+132,4^{\circ}C$ при $p = 112$ атм). Океаны и моря из жидкого аммиака (или смеси аммиака с водой и гидроксиламином NH_2OH) будут так же эффективно смягчать колебания температуры, как гидросфера Земли. Аммиак обладает некоторыми биологическими преимуществами перед водой (большей текучестью, способностью растворять органические соединения и т.д.). «Аммиачная» жизнь может процветать на относительно холодных планетах земной группы и планетоидах с плотными атмосферами.

Менее вероятна жизнь на поверхности небольших планет с атмосферами из дициана C_2N_2 и гидросферами из цианистоводородной (синильной) кислоты HCN ($T_{\text{замерзания}} = -13,4^{\circ}C$, $T_{\text{кипения}} = +25,6^{\circ}C$ при $p = 1$ атм).

В плотных атмосферах планет-гигантов в условиях низких температур (от $-100^{\circ}C$ до $-50^{\circ}C$) может возникнуть сероводородная жизнь. Жизнь может появиться и на поверхности планетных тел с плотными атмосферами из смеси газов CS_2 , COS , CH_4 , N_2 , Ar , и

гидросферами из сернистого ангидрида SO_2 ($T_{\text{замерзания}} = -75,5^\circ\text{C}$, $T_{\text{кипения}} = -10,2^\circ\text{C}$ при $p = 1$ атм).

Кремний может успешно заменить углерод и быть цепочкообразующим элементом органических систем, молекулы которых основаны на связях Si-O-Si или Si-N-Si. «Кремниевая» жизнь может встретиться на планетах, обладающих очень плотными горячими ($T \geq 300^\circ\text{C}$) атмосферами, обращающихся на небольшом расстоянии вокруг массивных горячих звезд.

Фтор – довольно редкий химический элемент, но жизнь на его основе могла бы существовать на планетах земной группы с атмосферами, содержащими свободный F_2 как аналог кислорода, и океанами из фтористого водорода HF ($T_{\text{замерзания}} = -83,1^\circ\text{C}$, $T_{\text{кипения}} = +19,5^\circ\text{C}$ при $p = 1$ атм), обращающихся на большом расстоянии вокруг высокотемпературных звезд с максимумом энергетической светимости в УФ-диапазоне.

В.С. Троицкий выдвинул гипотезу об однократном одновременном возникновении жизни как закономерном этапе эволюции Метагалактики (Вселенной) около 4-5 млрд лет назад везде, где возникли подходящие условия для появления и развития живых организмов.

...Некоторые ученые считают, что жизнь возникла не на Земле, а была занесена на нее из космического пространства в виде спор микроорганизмов размерами 0,2–0,6 мкм. Идея **панспермии** была выдвинута в 1907 г. С. Аррениусом и поддерживалась такими крупными учеными, как Э. Хойл, Ч. Викрамсинх, У. Крик, С. Ортель, К. Саган.

В составе планетарных и диффузных газопылевых туманностей и глобул обнаружены сложные органические соединения. При прохождении Солнечной системы через ГМО в спиральных рукавах на поверхность Земли может выпадать до 10^{14} органических молекул на м^2 . В пользу вышеупомянутой гипотезы свидетельствуют: универсальность генетического кода всех земных организмов и важность роли молибдена в живой клетке, более редкого на Земле, чем хром и никель, которые могли бы выполнять те же функции.

Устойчивые к ультрафиолетовому облучению и космической радиации споры действительно могли бы путешествовать между звезд, но для того, чтобы за миллиард лет Земля получила 1 спору, все остальные звезды Галактики должны иметь планеты, выбрасывающие в тот же срок в космос по 1 тонне спор.

В качестве места возникновения и развития жизни предполагались кометы и каменные метеориты – углистые хондриты, содержащие сложные органические вещества, в том числе аминокислоты (в составе метеорите Мерчисон было обнаружено 18 разновидностей аминокислот), не встречающиеся на Земле. Многочисленные данные свидетельствуют об изобилии органических соединений на поверхности Земли в эпоху ее формирования.

Бактерии способны размножаться в экстремальных условиях температур от -25°C до 300°C при давлении до $1,3 \cdot 10^8$ Па. Они сохраняют жизнеспособность в виде спор при температурах от -240°C до 600°C и давлении от 10^{-4} - 10^{-6} Па до $2 \cdot 10^9$ Па, облучении ультрафиолетовым излучением интенсивностью до $5 \cdot 10^4$ эрг/мм² и жесткой радиации мощностью до 10^4 Гр. Колонии бактерий (*E. coli*) на борту АМС «Сервейер» смогли выжить в течение 1 года на поверхности Луны, и свыше 5 лет находившихся на открытой панели ИСЗ. В недрах Земли живут колонии микроорганизмов, использующие в качестве энергии водород. В ископаемых льдах Арктики и Антарктиды обнаружены споры микроорганизмов (до 10^7 клеток на грамм), находились в состоянии анабиоза от 20-40 тыс. лет до 8 млн лет! Некоторые ученые полагают, что у многих обнаруженных популяций микроорганизмов в условиях вечной мерзлоты метаболизм крайне замедляется, но не останавливается. Такая жизнеспособность обусловлена неразрывностью связи популяций организмов со средой обитания.

Отдельные группы земных микроорганизмов, примитивных грибов, дрожжей и водорослей могут не только выжить, но и размножаться в условиях, существующих в криосфере и на поверхности Марса или в океанах Европы.

И все же, несмотря на космическую распространенность органических веществ, гипотеза панспермии до сих пор не получила материального подтверждения, хотя массовая печать неоднократно в форме сенсаций сообщала об обнаружении в метеоритах окаменелостей микроорганизмов. Главным недостатком этой гипотезы является то, что перенос места возникновения земной жизни с поверхности Земли в глубины Вселенной не решает вопроса о происхождении жизни из неживой материи.

Генетический код живых организмов Земли имеет возраст $3,8 \pm 0,6$ млрд лет. Эволюция живых организмов от простейших форм к разумным существам занимает, по-видимому, несколько миллиардов лет – на Земле

3,5 млрд лет. Движущей силой эволюции являются мутации и естественный отбор – процессы, носящие статистический характер и обусловленные плавными медленными изменениями условий существования организмов (составом, плотностью и температурой атмосферы и гидросферы, климатом, рельефом, магнитным полем планеты, спектральным составом и уровнем освещенности поверхности и т. д.), причинами которых являются незначительные изменения в действии космических факторов в сочетании с мелкими, периодическими и беспорядочными колебаниями ряда основных характеристик внешней среды, в основе которых, как правило, также лежит действие космических процессов и объектов.

За всю историю существования Земли на ней проживало свыше 500 млрд видов живых существ. В настоящее время на Земле насчитывается около 2 млн видов животных, из них 75 % – насекомые. Млекопитающих всего 3500 видов, из них 2500 видов – грызуны.

Суммарная масса живого вещества на Земле составляет на континентах 2420 млрд тонн, из них 99,2 % – растения; в океанах 3,2 млрд тонн, растений всего 6,8 %.

Ряд ученых связывает появление новых видов разумных существ (и других видов живых организмов) на Земле с резкими изменениями (инверсиями) магнитосферы: уменьшение напряженности магнитного поля ведет к возрастанию облученности земной поверхности заряженными частицами солнечного ветра и космических лучей. 4,2–3,8 млн лет назад магнитные полюса 4 раза поменялись местами; 3,2–2,8 млн лет назад произошли еще 4 инверсии; последнее крупное изменение магнитного поля произошло около 40000 лет назад и совпало по времени с появлением кроманьонцев и вымиранием неандертальцев.

Существует также гипотеза о возникновении предков чел. около 5,5 млн лет назад в результате мутаций, вызванных усилением радиации в местах работы «естественных ядерных реакторов»: формирование Великого Африканского рифта происходило от 20 до 10 млн лет назад и в районе цепи Великих Африканских озер в глинистых линзах Окло (длиной до 0,5 км и толщиной до 10 м) концентрация урана повысилась от 0,5 % до 40 %, внутри них стали протекать цепные ядерные реакции.